(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020040087066 A
(43)Date of publication of application: 13.10.2004

(21)Application number: 1020030021309
(22)Date of filing: 04.04.2003
(30)Priority: ..

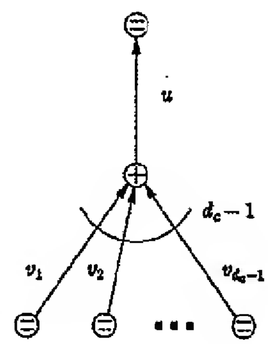
(71)Applicant: ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE

(72)Inventor: CHO, SEONG CHEOL
CHOI, IN GYEONG
KIM, SEONG RAK
KWON, DONG SEUNG
LEE, YU RO
OH, JONG UI
YE, CHUNG IL

(51)Int. Cl H03M 13/00

(54) METHOD FOR REDUCING COMPLEXITY OF ERROR CORRECTION CODES OF MOBILE COMMUNICATION, ESPECIALLY SUBSTITUTING SINE FUNCTION FOR HYPERBOLIC TANGENT FUNCTION

(57) Abstract:



PURPOSE: A method for reducing complexity of error correction codes of mobile communication is provided to reduce the complexity in a process for decoding LDPC(Low-Density Parity Check) codes and enhance the decoding speed by using a sine function instead of a hyperbolic tangent function in a test node update formula of a sum-product algorithm and applying a partial linear approximating function to a part of the sine function. CONSTITUTION: A hyperbolic tangent function is substituted by a sine function in a test node update formula of a sum-product algorithm for decoding an error correction code. A partial linear approximating function is applied to a part of the sine function. The test node update formula of the sum-product algorithm is tanh(x/2)=sgn(x)·(-α^-absolute value(x)+1).

Legal Status
Date of request for an examination (20030404)
Notification date of refusal decision ( )
Final disposal of an application (registration)
Date of final disposal of an application (20050812)
Patent registration number (1005115520000)
Date of registration (20050824)
Number of opposition against the grant of a patent ( )
Date of opposition against the grant of a patent ( )
Number of trial against decision to refuse ( )
Date of requesting trial against decision to refuse ( )

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.7
H03M 13/00

(11) 공개번호 10-2004-0087066
(43) 공개일자 2004년10월13일

(21) 출원번호 10-2003-0021309
(22) 출원일자 2003년04월04일

(71) 출원인 한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자 오종의
대전광역시유성구신성동119-7번지3/305호

권동승
대전광역시유성구전민동엑스포아파트204동1304호

김성락
대전광역시유성구전민동나래아파트106동801호

최인경
대전광역시서구둔산1동목련아파트304동1102호

예충일
대전광역시서구관저동신선마을아파트209동202호

조성철
대전광역시유성구지족동874번지노은1지구대우아파트305동1301호

이유로
대전광역시유성구전민동엑스포아파트410동807호

(74) 대리인 유미특허법인

심사청구 : 있음

(54) 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법

요약

본 발명은 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법에 관한 것으로서, 이를 위하여 본 발명은 오류정정부호의 복호에 사용되는 합곱 알고리즘의 검사 노드 갱신식에서 하이퍼볼릭 탄젠트 함수를 사인(sign) 함수로 대체하고, 상기 사인 함수의 일부구간을 부분적인 선형 근사 함수를 이용함으로써 LDPC 부호의 복호기의 검사노드를 하드웨어로 구현시 복잡도를 감소시키고, 복호 성능을 향상시킬 수 있다.

대표도

도 2

색인어

오류정정부호, LDPC 부호, 합곱 알고리즘, 검사노드 갱신식, 사인함수, 부분적인 선형 근사 함수

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 LDPC 부호의 변수노드의 정보 갱신 모델을 도시한 것이다.

도 2는 LDPC 부호의 검사노드의 정보 갱신 모델을 도시한 것이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 통신 시스템의 구성 요소 중에서 채널 부호에 관한 것으로, 보다 상세하게는 효율적으로 복잡도를 감소시켜 LDPC 부호의 복호기의 검사노드를 하드웨어로 구현하기 위한 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법에 관한 것이다.

통신 시스템의 채널 부호는 전송 전력 및 대역폭을 증가시키지 않고, 다만 원래의 정보 데이터에 부가적인 비트를 추가하여 전송함으로써 채널을 통과하면서 발생한 왜곡 및 잡음으로 인한 오류 비트를 수신단에서 추가된 부가적인 비트를 사용하여 정정하는 기법이다.

최근 주목을 받는 오류정정 방식인 LDPC(Low-Density Parity Check) 부호에 관한 연구는 초고속 무선통신 시스템의 물리 계층에 관한 연구로서, 특히 차세대 무선랜 및 4세대 이동통신의 핵심기술인 고속 변복조 및 채널코딩에 관한 연구이다.

한편 1962년 Gallager에 의해 발표된 LDPC 부호는 1996년 그 우수성이 재발견되어 현재 터보부호와 함께 Shannon 한계에 근접하는 성능을 가지는 부호로 각광을 받고 있다. 그리고, LDPC 부호는 터보부호의 비교할 때, 낮은 복잡도와 적은 계산량, 병렬구조에 의한 적은 복호지연, 다양한 부호화율을 가진 부호 생성의 용이성 등의 장점들을 가진다.

이와 같은 장점들 때문에 LDPC 부호는 차세대 무선통신시스템에 적용될 가능성이 높게 판단되며, 부호/복호 방법, 용량 및 성능에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 상태이다.

LDPC 부호는 반복 복호가 가능한 선형 블록 부호의 일종으로 거의 모든 부호율과 블록 크기에 대하여 부호를 디자인 할 수 있고, 복호 방법이 개념적으로 간단하며 복호시 병렬 처리가 가능하여 복호 속도를 빨리 할 수 있다.

이와 같은 LDPC 부호의 복호에 사용되는 합곱 알고리즘의 변수 노드 갱신식은 아래 수학식 1과 같고, 검사 노드 갱신식은 아래 수학식 2와 같이 유도된다.

수학식 1

$$\nu = \sum_{i=0}^{d_v-1} u_i$$

수학식 2

$$\tanh\frac{u}{2} = \prod_{j=1}^{d_c-1} \tanh\frac{v_j}{2}$$

합곱 알고리즘을 직접 구현할 때 변수노드는 수학식 1에 나타나 있듯이 덧셈만으로 이루어져 있지만, 검사노드는 수학식 2에 나타나 있듯이 하이퍼볼릭 탄젠트 함수를 구현하는데 어려움이 있고, 검사노드의 차수의 제곱에 해당하는 곱셈 연산이 필요하다.

따라서 수학식 1과 수학식 2에서 언급한 합곱 알고리즘의 변수노드와 검사 노드는 고속 복호기를 구현하는데 적합하지 않다.

종래 기술에 따른 실시예의 LDPC 부호의 합곱 알고리즘의 복잡도 감소 기법을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 합곱 알고리즘의 검사노드 갱신식은 차수가 3인 경우에 수학식 3과 같이 유도된다.

수학식 3

$$u = \mathrm{sgn}[v_1] \cdot \mathrm{sgn}[v_2] \cdot \min\left[|v_1|, |v_2|\right] + \log\left(1 + e^{-|v_1+v_2|}\right) - \log\left(1 + e^{-|v_1-v_2|}\right)$$

위의 수학식 3에는 입력 정보의 부호를 판별, 절대 값의 비교, 함수 $g(x) = \log(1+e^{-|x|})$ 의 계산 과정이 필요하다. 함수 $g(x) = \log(1+e^{-|x|})$ 는 양자화 검사표를 이용하거나 좀더 정확도를 높이기 위하여 부분적인 선형 근사함수를 사용하여 쉽게 구현할 수 있다.

아래 표 1 및 표 2에는 함수 $g(x) = \log(1+e^{-|x|})$ 의 양자화 검사표와 부분 선형근사 함수의 일례를 보여주고 있다.

[표 1]

TABLE I

QUANTIZATION TABLE FOR $g(x) = \log(1 + e^{-|x|})$.

$\lvert x\rvert$	$\log(1+e^{-\lvert x\rvert})$	$\lvert x\rvert$	$\log(1+e^{-\lvert x\rvert})$
[0, 0.196)	0.65	[1.05, 1.508)	0.25
[0.196, 0.433)	0.55	[1.508, 2.252)	0.15
[0.433, 0.71)	0.45	[2.252, 4.5)	0.05
[0.71, 1.05)	0.35	[4.5, +∞)	0.0

[표 2]

TABLE II

PIECEWISE LINEAR FUNCTION APPROXIMATION FOR

$g(x) = \log(1 + e^{-|x|})$.

$\lvert x\rvert$	$\log(1+e^{-\lvert x\rvert})$	$\lvert x\rvert$	$\log(1+e^{-\lvert x\rvert})$
[0, 0.5)	$-\lvert x\rvert * 2^{-1} + 0.7$	[2.2, 3.2)	$-\lvert x\rvert * 2^{-4} + 0.2375$
[0.5, 1.6)	$-\lvert x\rvert * 2^{-2} + 0.575$	[3.2, 4.4)	$-\lvert x\rvert * 2^{-5} + 0.1375$
[1.6, 2.2)	$-\lvert x\rvert * 2^{-3} + 0.375$	[4.4, +∞)	0.0

이와 같이, 종래 기술에 따른 실시예의 LDPC 부호의 합곱 알고리즘의 복잡도 감소 기법은 차수 3인 검사 노드 생신 시 덧셈 4번, 함수 $g(x) = \log(1+e^{-|x|})$ 의 참조 2번 및 비교 1번이 필요하므로, 여전히 고속의 복호기 구현에 어려움이 있다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 위의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 LDPC 부 호의 복호시 복잡도를 감소시키기 위한 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기한 바와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명에 따른 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법의 특징은, 오류정정부호의 복호에 사용되는 합곱 알고리즘의 검사 노드 갱신식에서 하이퍼볼릭 탄젠트 함수를 사인(sign) 함수로 대체하고, 상기 사인 함수의 일부구간을 부분적인 선형 근사 함수를 이용하는 단계를 포함한다.

이때, 상기 합곱 알고리즘의 검사노드 갱신식은 아래 수학식은 $\tanh\frac{x}{2} \cong \mathrm{sgn}(x)\cdot(-a^{-|x|}+1)$ 로 표현된다.

상기 부분적인 선형 근사 함수는 상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [0, 1.05)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-1}+1$ 가 되고, $|x|$ 가 [1.05, 2.1)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-2}+0.738$ 가 되며, $|x|$ 가 [2.1, 3.0)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-3}+0.476$ 가 된다.

상기 부분적인 선형 근사 함수는 상기 a가 2이고 $|x|$ 가 [3.0, 3.95)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-4}+0.288$ 가 되고, $|x|$ 가 [3.95, 6.6)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-6}+0.104$ 가 되며, $|x|$ 가 [6.6, ∞)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 0이 된다.

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 LDPC 부호의 변수노드의 정보 갱신 모델, 도 2는 LDPC 부호의 검사노드의 정보 갱신 모델을 도시한 것으로서, 도 1과 도 2의 입력 값과 출력 값은 모두 로그 우도 비율(log likehood ratio)이다.

도 1은 차수가 dv 인 변수노드에서 가지 v 로의 정보 갱신 모델을 나타내고, 도 2는 차수가 dc 인 검사노드에서 가지 u 로의 정보 갱신 모델을 나타낸다.

본 발명에 따른 실시예의 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법은 LDPC 부호에 사용되는 합곱 알고리즘의 검사 노드 갱신식의 복잡도를 줄이기 위한 것이다.

이를 위하여 검사노드 갱신식은 아래 수학식 1과 같이 하이퍼볼릭 탄젠트 함수가 지수 함수와 유사함을 이용하여 사인(sign) 함수로 대체되고, 사인 함수의 일부구간을 부분적인 선형 근사 함수를 이용한다.

수학식 4

$$\tanh \cong \begin{pmatrix} -2^{x}+1, & x\geq 0 \\ 2^{x}-1, & x<0 \end{pmatrix}$$

또는, $\tanh\frac{x}{2} \cong \mathrm{sgn}(x)\cdot(-2^{-|x|}+1)$

위의 수학식 4을 이용하면 차수 3의 검사 노드 갱신식은 아래 수학식 5와 같이 변형된다.

수학식 5

$$\tanh\frac{u}{2} = \tanh\frac{v_1}{2}\cdot\tanh\frac{v_2}{2}$$

$$\Rightarrow \quad \mathrm{sgn}(u)\cdot(-2^{-|u|}+1) = \mathrm{sgn}(v_1)\cdot(-2^{-|v_1|}+1)\cdot\mathrm{sgn}(v_2)\cdot(-2^{-|v_2|}+1)$$

따라서

$$\mathrm{sgn}(u) = \mathrm{sgn}(v_1)\cdot\mathrm{sgn}(v_2)$$

$$2^{-|u|} = 2^{-|v_1|} + 2^{-|v_2|} - 2^{-|v_1|-|v_2|}$$

사인 함수는 1비트 XOR로 구현할 수 있고, $0 \le 2^{-x} \le 1$ 이므로 부분적인 선형 근사함수를 이용하여 쉽게 구현 가능하다.

아래 표 3에는 $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수의 일례들을 나타내고 있다.

[표 3]

$\|x\|$	$2^{-\|x\|}$
[0, 1.05)	$-\|x\|\times 2^{-1}+1$
[1.05, 2.1)	$-\|x\|\times 2^{-2}+0.738$
[2.1, 3.0)	$-\|x\|\times 2^{-3}+0.476$
[3.0, 3.95)	$-\|x\|\times 2^{-4}+0.288$
[3.95, 6.6)	$-\|x\|\times 2^{-6}+0.104$
[6.6, ∞)	0

표 1에서 $|x|$ 에서 [)의 의미는 폐쇄/개방을 나타내는 것이다.

차수가 d_c 인 경우에는 차수 3의 검사 노드 갱신식을 순차적으로 적용하여 갱신할 수 있다.

종래에는 아래 수학식 6을 검사노드 갱신식으로 이용하였는데, 차수가 3인 검사노드 갱신시 덧셈 4번과 $g(x) = \log(1+e^{-|x|})$ 함수의 참조 2번, 비교 1번이 필요하였다.

수학식 6

$$u = \mathrm{sgn}[v_1]\cdot \mathrm{sgn}[v_2]\cdot \min\left[|v_1|,|v_2|\right] + \log\left(1+e^{-|v_1+v_2|}\right) - \log\left(1+e^{-|v_1-v_2|}\right)$$

그런데, 본 발명에 따른 실시예에서는 위의 수학식 4을 이용하면 덧셈 3번과 $2^{-|x|}$ 함수의 참조 2번만이 필요하다.

이와 같이 본 발명에 따른 실시예에서는 검사노드 갱신시 입력정보의 하이퍼볼릭 탄젠트 함수들의 곱과 그의 역함수를 계산하는 과정이 입력정보의 지수함수들 의 합을 계산하는 과정으로 대치되고, 기울기를 $2^{-|x|}$ 로 가지는 부분적인 선형근사 함수를 이용하여 복잡도를 감소시킴과 동시에 복호 속도를 향상시킬 수 있다.

상기 도면과 발명의 상세한 설명은 단지 본 발명의 예시적인 것으로서, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

본 발명에 의한 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법은 부호의 복호에 사용되는 합곱 알고리즘의 검사노드 갱신식을 하이퍼볼릭 탄젠트 함수를 대신해 사인 함수를 이용하고, 사인 함수의 일부 구간을 부분적인 선형 근사 함수를 이용함으로써 LDPC 부호의 복호기의 검사노드를 하드웨어로 구현시 복잡도를 감소시키고, 복호 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

특허청구의 범위

청구항 1.

오류정정부호의 복호에 사용되는 합곱 알고리즘의 검사 노드 갱신식에서 하이퍼볼릭 탄젠트 함수를 사인(sign) 함수로 대체하고, 상기 사인 함수의 일부구간을 부분적인 선형 근사 함수를 이용하는 단계를 포함하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 합곱 알고리즘의 검사노드 갱신식은 아래 수학식과 같음;

$$\tanh\frac{x}{2} \cong \mathrm{sgn}(x)\cdot(-a^{-|x|}+1)$$

을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [0, 1.05)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-1}+1$ 가 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 4.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [1.05, 2.1)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-2}+0.738$ 가 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 5.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [2.1, 3.0)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-3}+0.476$ 가 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 6.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [3.0, 3.95)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-4}+0.288$ 가 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 7.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [3.95, 6.6)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 $-|x|\times 2^{-6}+0.104$ 가 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

청구항 8.

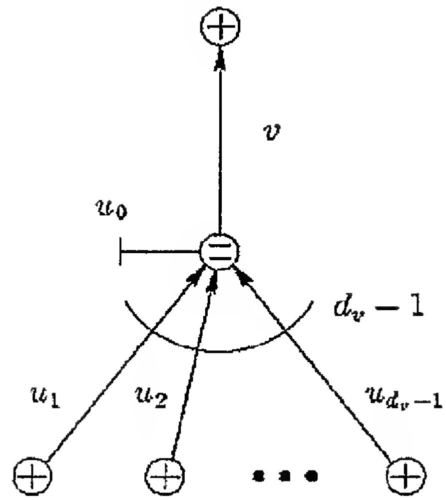
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 부분적인 선형 근사 함수는,

상기 a가 2이고, $|x|$ 가 [6.6, ∞)인 경우에, $2^{-|x|}$ 의 부분적인 선형 근사 함수는 0이 되는 것을 특징으로 하는 이동통신에서 오류정정부호의 복잡도 감소 방법.

도면

도면1



도면2